

Het belang van de vergeten schakel: copepoden beïnvloeden de stikstofcyclus

Stock Willem

Laboratory of Microbiology, Protistology and Aquatic Ecology, Marine Biology, University of Ghent
E-mail: willem.stock@ugent.be

In de lente van 1914 werd in het Duitse stadje Oppau de eerste fabriek in gebruik genomen die op grote schaal ammonium kon produceren uit stikstofgas. De opening van de fabriek luidde het begin in van de meest drastische impact op de globale biochemie ooit. Nu, net geen honderd jaar later, is door menselijke activiteiten de hoeveelheid actief stikstof (N) op Aarde verdubbeld. In vele Europese estuaria is de actieve stikstoftoevoer zelfs vertienvoudigd. Aangezien deze systemen meestal stikstof gelimiteerd zijn, zijn ze bijzonder gevoelig voor een verhoogde N input. Eutrofiëring vormt tegenwoordig dan ook een belangrijk probleem in veel estuaria. Het is een complex proces, die de structuur van de estuariene gemeenschap sterk kan verstoren. Om de gevolgen van de verhoogde stikstofbelasting te kunnen remediëren, is het in de eerste plaats noodzakelijk dat we de stikstofcyclus en de rol van aquatische organismen hierin beter begrijpen.

Denitrificatie is een essentieel proces binnen de stikstofcyclus, omdat hierdoor grote hoeveelheden actief stikstof uit estuaria verwijderd kunnen worden. Het zijn voornamelijk prokaryoten die tijdens dit proces nitriet (NO_2^-) en nitraat (NO_3^-) omzetten tot stikstofgas (N_2) en distikstofmonoxide (N_2O). Terwijl stikstof een overwegend inert gas is, is distikstofmonoxide een potentieel broeikasgas en mede verantwoordelijk voor de aantasting van de ozonlaag.

Dissimilatieve nitraatreductie naar ammonium (DNRA) is een ander nitraat-reducerend proces. Hierbij wordt nitraat omgezet naar ammonium (NH_4^+). Via dit anaerobe proces, wordt, in tegenstelling tot denitrificatie, de reactieve stikstof in het systeem behouden.

In estuaria worden DNRA en denitrificatie voornamelijk verwezenlijkt door de benthische microbiële gemeenschap. De bacteriën, die de reacties katalyseren, treden er bijgevolg in competitie voor het beschikbare nitraat en nitriet. Het belang van beide reacties is afhankelijk van zowel fysicochemische als biologische omgevingsvariabelen, die zo bepalen of de actieve stikstof in het systeem blijft of dat ze eruit verwijderd wordt.

Vooraf over de invloed van biologische interacties op de stikstofreductie in sedimenten is nog maar weinig gekend. Een beperkt aantal studies toonde aan dat zowel bioturbatie (macrofauna) als benthische zuurstofproductie (microfyto-benthos) een belangrijk effect kunnen hebben op stikstoffluxen in estuariene sedimenten. Over het belang voor stikstofreductie van de meiofauna (meercelligen die door een 1mm zeef gaan maar achterblijven op een 38µm zeef), het tussenliggende trofische niveau, is amper iets gekend, en dit ondanks hun hoge abundantie en belangrijke rol in tal van ecosysteemfuncties. Zo zijn het bijvoorbeeld belangrijke begrazers van zowel bacteriën als microfyto-benthos.

In deze masterproef (Willem Stock; promotoren: Dr. Marleen De Troch, Prof. Dr. Anne Willems, Prof. Dr. Koen Sabbe; UGent) werd het belang van de biologische interacties tussen bacteriën, diatomeeën en meiofauna (Copepoda, Crustacea) op de denitrificatie in mariene sedimenten onderzocht. Het doel was om, voor het eerst, de invloed van meiofauna en hun activiteit op denitrificatie, een uitermate belangrijke ecosysteemfunctie, na te gaan.

Om de biologische interacties tussen diatomeeën, copepoden en bacteriën te kunnen ontrafelen werden microkosmos experimenten uitgevoerd waarin ofwel (1) diatomeeën, (2) copepoden, (3) copepoden en diatomeeën, (4) de afvalproducten van copepoden of (5) zeewater aangerijkt met nitraat werden toegevoegd aan het sediment. Er werd tevens een blanco behandeling gemaakt door enkel gefilterd, natuurlijk zeewater aan het sediment toe te voegen.

Het sediment werd zeven en een halve dagen lang geïncubeerd. Bij het begin en op het einde van de incubatie werden de concentraties van de nutriënten (fosfaat, ammonium, nitraat, nitriet en silica) bepaald. Na de incubatieperiode werd het denitrificatiepotentieel van elke microkosmos bepaald. Dit is de snelheid waarmee nitraat via denitrificatie omgezet wordt tot distikstofoxide (N_2O), een intermediair in de denitrificatie pathway. De snelheid waarmee het nitraat verbruikt werd (nitraatconsumptie) is hierbij een maat voor de nitraat-reducerende activiteit (zowel DNRA als

denitrificatie). De snelheid waarmee N_2O geproduceerd werd (N_2O productie) is een maat voor denitrificatie.

Gedurende de incubatieperiode verhoogden vooral de ammonium- en fosfaatconcentratie door de afbraak van organisch materiaal. Er was significant meer ammonium en fosfaat aanwezig in de behandelingen met copepoden en deze waarbij hun afvalproducten aan toegevoegd waren. Copepoden zorgden dus, via hun excretieproducten, voor een belangrijke toename van fosfaat en ammonium, die vaak limiterend zijn in estuaria.

Daarnaast bleken de copepoden ook een belangrijk effect te hebben op het denitrificatiepotentieel, met name de N_2O productie. De verschillen in nitraatconsumptie tussen de verschillende behandelingen waren veel minder uitgesproken. Een lagere denitrificatie leek dus deels gecompenseerd te worden door een hogere DNRA activiteit.

De N_2O productie was laag in de behandelingen met copepoden of waar hun excretieproducten aan toegevoegd waren. De crustaceeën hadden dus een negatieve invloed op denitrificatie. De laagste N_2O productie werd gevonden in het sediment waar zowel copepoden als diatomeeën aan waren toegevoegd. Diatomeeën op zich bleken echter geen invloed te hebben op de N_2O productie, maar konden het negatief effect van copepoden op de gasproductie dus wel versterken. De algen vormen een belangrijke voedselbron voor de copepoden en door ze ook toe te voegen aan de microkosmos werd de overleving en activiteit van de copepoden verhoogd.

In aanwezigheid van copepoden werd dus meer actieve stikstof in het systeem gehouden. Hun excretieproducten bleken eveneens een belangrijke bron van (limiterende) nutriënten te zijn. De copepoden zorgden er dus voor dat er meer vrij beschikbare nutriënten in de microcosmos aanwezig waren. Deze nutriënten zijn dan beschikbaar voor diatomeeën en bacteriën en op die manier stimuleren de crustaceeën de groei van hun voornaamste voedselbronnen. Deze resultaten suggereren dat copepoden eutrofiëring in estuaria stimuleren om zo de hoeveelheid beschikbaar voedsel te verhogen, doch verificatie door veldmetingen blijft noodzakelijk.

Deze resultaten tonen voor de eerste maal aan dat meiofauna een impact heeft op denitrificatie. De vooropgestelde hypothese, waarin gesteld werd dat copepoden een effect kunnen hebben op denitrificatie in marien sediment, werd hierdoor bevestigd. Hoe de copepoden dit precies deden is nog niet zeker. Belangrijke indicaties hiervoor kunnen we echter vinden in de behandeling met hun excretieproducten. Daar was de N_2O productie eveneens laag. De excretieproducten vormen een belangrijke bron van koolstof voor de nitraat-reducerende bacteriën. Vooral de bacteriën die aan DNRA doen kunnen goed overweg met een hoge koolstof/stikstof verhouding en zullen dus bevoordeeld worden door de extra koolstof. De hogere ammoniumconcentraties (het eindproduct van DNRA) die in de behandelingen met copepoden en hun afvalproducten gemeten werd, staakt deze hypothese.

Deze thesis is een belangrijke stap voorwaarts in het beter begrijpen van de impact van kleinschalige biologische interacties op het functioneren van de bentische microbiële gemeenschap. Het levert ons eveneens belangrijke informatie op over het effect van de interacties op stikstoffluxen in marien sediment, die noodzakelijk is, als we de gevolgen van de grote antropogene stikstof input goed willen inschatten.